

## **Kurzfassung des Berichtes "Verbesserung der Vorhersagequalität von sehr kleinen Rissbreiten"**

*Eckfeldt, L. et al.*

*DIBt-Az.: ZP 52-5-7.275-1245/07*

*Ausgangslage:* Aufgrund einiger Forschungsergebnissen wird vermutet, dass die Zuverlässigkeit der Vorhersage mit der Größe der Rissbreiten  $w < 0,2$  mm sinkt und die Unsicherheit des Nachweises steigt. Es gibt Test- und Praxiserfahrungen, in denen trotz Nachweis offenbar willkürlich weitaus größere Risse als erwartet auftraten. Damit sind für Bauteile im Bereich der Richtlinie "Betonbau beim Umgang mit wassergefährdenden Stoffen" in vielen Fällen umfangreiche Nacharbeiten zum Schließen unerwartet großer Risse zu erwarten. Es wurde deshalb untersucht, wie die Qualität der Vorhersage kleiner Rissbreiten absinkt und wodurch sie verbessert werden kann.

*Durchführung:* Mit dem Datensatz der Polytechnischen Universität Madrid (UPM) wurden die Rissbreitenansätze nach DIN 1045-1, EN 1992-1-1 sowie ein eigener Ansatz verglichen. Der internationale Datensatz enthält eine große Menge maximaler Rissbreiten  $< 0,2$  mm. Für die Kontrolle des Mindestbewehrungsnachweises wurden in der Studie die grundlegenden Ansätze hergeleitet. Kurze Dehnkörperversuche mit vorher eingestellten Risszonen und einer vermuteten starken Mitwirkung auf Zug wurden entworfen, um mit Ringdehnungsmessungen Verformungen des Betonzugringes entsprechend des Tefpers-Modells aufzunehmen. Die Verformung zwischen zwei Rissen wurde zudem in FE-Rechnungen simuliert, um den qualitativen Einfluss der Betondeckung erkennen zu können. Mit Daten aus langen Dehnkörpern (LDK) konnten das DIN-Rissbreitenmodell und das Modell zur Beschränkung der Erstrissbreite durch Mindestbewehrung geprüft werden. Die Versuchsergebnisse an den LDK wurden statistisch ausgewertet und zur Modellentwicklung herangezogen. Mit empirischen Daten konnte im OLS-Regressionsverfahren ein multivariates Modell und Bemessungshilfen für repräsentative maximale Rissbreiten begründet werden.

*Ergebnis:* Für kleine Rissbreiten wurde bestätigt, dass die normativen Ansätze, insbesondere nach DIN 1045-1, eine hohe Unsicherheit hinsichtlich der Vorhersage von Rissbreiten  $< 0,2$  mm in sich bergen. Als Ursache für die Schwierigkeiten sind zufällige und systematische Effekte in der Vorhersage der Rissabstände als auch Artefakte in der empirischen Grundlage identifiziert. In Versuchen an kurzen Dehnkörpern zeigte sich, dass die negative Betonquerdehnung bei Zug die Oberflächenverformung aus Verbundwirkung weitgehend überlagert. Ausgeprägt ist dieser Effekt bei einem Verhältnis  $c/d_b > 3$ . Für den Richtlinien-Nachweis mit Mindestbewehrung ergab die konservative Modellempfehlung aus MC 90 in Kombination mit dem Dehnungsterm der DIN die zuverlässigsten Resultate. Der maximale Riss fällt nur selten direkt mit dem maximalen Rissabstand zusammen, Risse sind aber als Produkt von (unbekannter) Verbundlänge und mittlerer Dehnungsdifferenz zwischen Bewehrung und Beton darzustellen. Daher wurde für die Berechnung unter Last anhand der Messdaten ein Faktor auf den mittleren Testrissabstand begründet, der sichert, dass die Erwartung für den großen Rissabstand den zum großen Riss gehörenden großen Verbundbereich mit hoher Wahrscheinlichkeit abbildet. Damit ergibt sich für die Prüfkörperrisse unter Ansatz des mittleren Rissabstands nach DAfStb-Heft 525 eine befriedigende Vorhersagequalität eines 95%-Fraktils der Rissbreite in einem Bauteil. Ein empirischer Ansatz auf Basis der UPM-Daten liefert zielgerichtet zuverlässige Rissbreitenvorhersagen für Fraktilwerte der maximalen Rissgrößen. Ein theoretisches und an UPM-Daten geprüfetes konservatives Modell sichert alternativ gegen Überschreitungen der nachgewiesenen Rissbreiten durch die Ausdehnung des Einzelrisskonzeptes auf die abgeschlossene Rissbildung. Erste stochastische Daten für die Betonfestigkeit, Rissbreiten- und Abstandsentwicklung liegen vor. Dieser Bericht enthält umfassende Dokumentation von Verbundrissen, Rissdaten sowie Angaben zum menschlichen Messfehler bei Rissmessungen. Der Nachweis der Mindestbewehrung in stahlfaserbewehrten Bauteilen erscheint für Kombibewehrung unbedenklich, Langzeiteinflüsse sind jedoch nicht verifiziert.

*Schlussfolgerung:* Die Zuverlässigkeit von Rissbreitenberechnungen muss für Rissbreiten  $< 0,2$ mm erhöht werden, z.B. durch die Verwendung der neuen Ansätze. Die Mindestbewehrung sollte an vordefinierten Grenzzrissbreiten und der mittleren Zugfestigkeit nach 28 / 56 Tagen ausgerichtet werden. Das ist aber an Weg gesteuerten Versuchen für Zwang und für andere Bewehrungsverteilungen zu evaluieren und sollte auch Langzeiteinflüsse einschließen. Verbundmodelle sind so weiter zu entwickeln, dass der Einfluss der Querdehnungen aus dem Längszug der Betonumgebung befriedigend erfasst wird. Verbundmodelle wie MC 90 können diesen Einfluss nur schwer abbilden und sind oft zu steif. Der Grenzzustand der Rissbreite in Verbindung mit dem Dauerhaftigkeitsproblem und Zwang ist noch nicht widerspruchsfrei definiert. Das gefährdet die objektive Risikobewertung von Gefährdungsszenarien für die Umwelt, da der Wahrscheinlichkeitsbezug zur Gefährdung auf der Seite fehlt, der den Grenzzrissbreiten, also der Sicherstellung der Aufnahmekapazität oder Dauerhaftigkeit zugrunde liegt.